

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-178900

(43)Date of publication of application : 11.07.1997

(51)Int.Cl.

G21K 7/00  
G02B 21/00

(21)Application number : 07-340840

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 27.12.1995

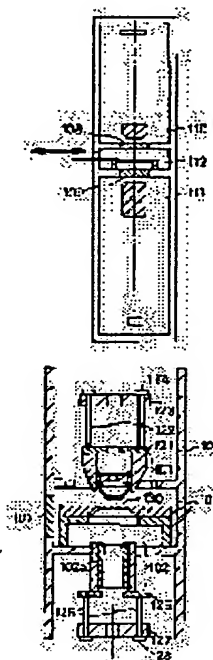
(72)Inventor : NAGAI HIROAKI

## (54) X-RAY OBSERVING DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To facilitate the replacement of a sample, and arrange the sample in a proper observing position without realignment by switching the observing position of an X-ray optical system and a position distant from it.

**SOLUTION:** An imaging optical system 101 and a condenser optical system 102 are fixed to mounts 121, 125, respectively, and they are slid in the optical axial direction, whereby a sufficient distance can be provided between the optical systems 101, 102 and a sample 130. A shutter 107 is then closed, shutters 108, 109 are opened, and members 124, 128 are brought into contact with stages 123, 127, respectively. Since the optical systems 101, 102 are in the state arranged in positions suitable for operation by a preliminarily performed alignment, X-ray observation of the sample 130 is performed. Thereafter, the optical systems 101, 102 are retreated into vacuum chambers 110, 111, and the shutters 108, 109 are closed to make a vacuum chamber 112 independent. The shutter 107 is then opened to pull out a stage 103, and the sample 130 is replaced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.01.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

4/3

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-178900

(43) 公開日 平成9年 (1997) 7月11日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G 2 1 K 7/00

G 0 2 B 21/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 2 1 K 7/00

G 0 2 B 21/00

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平7-340840

(22) 出願日 平成7年 (1995) 12月27日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 永井 宏明

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリン

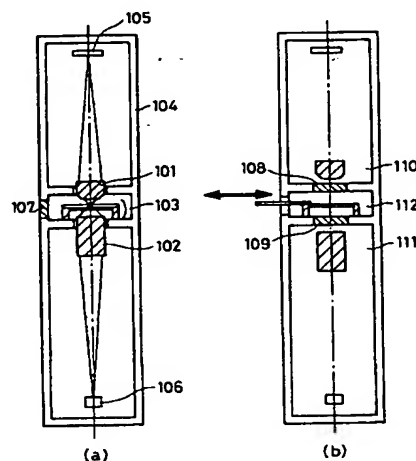
パス光学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 X線観察装置

(57) 【要約】

【課題】 X線観察時以外においてはX線用光学系と試料との距離を十分に確保することによって試料の交換を容易にし、X線観察時にはX線用光学系のアライメントをし直すことなく速やかにX線用光学系を観察に適した位置に配置することができるX線観察装置を提供する。

【解決手段】 X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、これらを収納する真空容器とを備えたX線観察装置において、前記光学系支持手段が、X線観察時における前記X線用光学系の位置を記憶する機構と、前記試料とX線用光学系との距離を変化させる機構とを有する。



FP03-0052-0000-H P  
03. 7.-8  
SEARCH REPORT

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、これらを収納する真空容器とを備えたX線観察装置において、

前記光学系支持手段が、X線観察時における前記X線用光学系の位置を記憶する機構と、前記試料とX線用光学系との距離を変化させる機構とを有することを特徴とするX線観察装置。

【請求項2】 X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、これらを収納する真空容器とを備えたX線観察装置において、

前記光学系支持手段が、前記X線用光学系を観察位置に設定するための位置調整手段と、前記設定した位置とそこから外れた位置とを切り替える手段とを有することを特徴とするX線観察装置。

【請求項3】 X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、これらを収納する真空容器と、可視光観察系または紫外光観察系とを備えたX線観察装置において、

前記試料支持手段が、試料を移動する機構を有し、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とで前記試料支持手段を共有することを特徴とするX線観察装置。

【請求項4】 X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、可視光観察系または紫外光観察系とを備えたX線観察装置において、

前記光学系支持手段が、X線観察時における前記X線用光学系の位置を記憶する機構と、前記試料とX線用光学系との距離を変化させる機構とを有し、前記試料支持手段が、試料を移動する機構を有し、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とで前記試料支持手段を共有することを特徴とするX線観察装置。

【請求項5】 X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、可視光観察系または紫外光観察系とを備えたX線観察装置において、

前記光学系支持手段が、前記X線用光学系を観察位置に設定するための位置調整手段と、前記設定した位置とそこから外れた位置とを切り替える手段とを有し、前記試料支持手段が、試料を移動する機構を有し、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とで前記試料支持手段を共有することを特徴とするX線観察装置。

【請求項6】 可視光観察系または紫外光観察系の光軸とX線観察系の光軸との相対位置が固定されたことを特徴とする請求項3乃至5記載のX線観察装置。

【請求項7】 試料を移動する機構が、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系との切り替え機構を、試料の位置合わせ・フォーカシング機構とは別体に有することを特徴とする請求項3乃至6記載のX線観察装置。

【請求項8】 前記試料支持手段によって可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とを切り替える際に、可視光観察時または紫外光観察時の前記試料の位置とX線観察時の試料の位置とが等しくなるように調整されたことを特徴とする請求項7記載のX線観察装置。

【請求項9】 前記X線用光学系が真空窓を備えたことを特徴とする請求項1乃至8記載のX線観察装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、X線観察装置、また特に可視光観察または紫外光観察とX線観察との切り替えをおこなうX線観察装置に関する。

20 【0002】

【従来の技術】 近年、軟X線を用いるX線顕微鏡の開発が盛んである。X線顕微鏡は、X線光源と、X線光源から射出したX線を集光して試料を照明するコンデンサ光学系と、試料を透過・散乱したX線を結像する結像光学系と、結像光学系の結像位置に配置した撮像装置と、大気によるX線の吸収を避けるためX線光源から撮像装置までの光路を真空中に保つ真空容器と、この真空容器内を真空排気するための排気系とからなる。

30 【0003】 前記のコンデンサ光学系や結像光学系としては、たとえば反射面に特定の波長のX線に対して高い反射率を有する多層膜を積層してなるシュヴァルツシルト光学系、全反射を利用したウォルター光学系、回折を利用したゾーンプレート光学系などが用いられる。このようなX線顕微鏡をはじめとするX線観察装置は、試料が真空中に置かれるので、試料を交換するたびに真空容器を大気開放する必要がある。特開平5-88000号公報に、試料を収納する部分だけ大気開放する装置が記載されている。その構成は、図9に示すように、X線発生器501と、X線発生器から射出したX線を集光して  
40 試料を照明するコンデンサ光学系502と、試料を透過したX線を結像する結像光学系503と、結像光学系の結像位置に配置した撮像装置504と、X線発生器501から撮像装置504までの光路を真空中にするための鏡筒用真空容器505と、この鏡筒用真空容器内を真空排気するための排気系506とからなるX線顕微鏡であり、試料カプセル507を配置する位置に、試料カプセルまたは試料カプセルを保持した試料ホルダ508を収納する収納室509を前記鏡筒用真空容器とは別室に設け、この収納室509を構成するハウジング510のX  
50 線透過位置に、X線透過窓511または開閉可能なシャ

ッタ512を有する開口部を設けてなる。収納室509の容積は鏡筒用真空容器505の容積に比べて小さいので、これを真空にする時間は短くてすむ。

【0004】また、特開平6-230200号公報に、真空容器内に可視光顕微鏡等を備えたX線顕微鏡が記載されている。可視光などによって試料の位置合わせをおこなうので、試料の必要以上のX線被曝を防ぐことができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前記の従来の技術では、結像光学系と試料との距離またはコンデンサ光学系と試料との距離を十分に確保できることを前提としている。しかし、試料と結像位置との距離（以下、IOという）を短くしたり、結像光学系の倍率を高くしようとするとき、結像光学系と試料との距離またはコンデンサ光学系と試料との距離を十分に確保できない場合が生じる。

【0006】たとえば、IOが1m、結像倍率が200倍の光学系では、試料と結像光学系の主面との距離は5mm弱と短く、特開平5-88000号公報に記載された装置のように試料と結像光学系との間にシャッタを設けるのは困難である。結像光学系がゾーンプレート光学系である場合は、前記の問題が顕著である。すなわちゾーンプレート光学系の素子は直径が大きなものを製作できず、せいぜい30μm程度であり、開口数を確保するためには試料と素子との距離を短くしなくてはならない。たとえば、素子の直径30μm、X線の波長3nm、輪帯数500、最外輪帯幅30nmとしたとき、結像倍率200倍を実現するには、素子と試料との距離は0.452mmとなり、ここにシャッタを設けることは不可能である。しかも、試料を交換するには結像光学系またはコンデンサ光学系を取り外さなければならず、すると結像光学系またはコンデンサ光学系を再び取り付け後にそれらのアライメントをし直すなど面倒な作業をおこなわなければならない。これらの問題は、走査型X線顕微鏡等においても光学系と試料との距離を十分に確保できない場合には生じ得る。

【0007】さらに、可視光顕微鏡等を真空容器内に備えたと、真空容器内が複雑で大きかりになってしまう。可視光観察等を大気中でおこなおうとすると、X線用光学系とは光軸が共通ではないため、X線観察と可視光観察等とを切り替えるために試料の位置合わせをおこなわなければならない。本発明は、上記問題点に鑑み、X線観察時以外においてはX線用光学系と試料との距離を十分に確保することによって試料の交換を容易にし、X線観察時においてはX線用光学系のアライメントをし直すことなく速やかにX線用光学系を観察に適した位置に配置することができるX線観察装置を提供することを目的とする。また、X線観察と可視光観察等とを、試料の位置合わせをし直すことなく速やかに切り替えることがで

きるX線観察装置を提供することを他の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明のX線観察装置は、X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、これらを収納する真空容器とを備えたX線観察装置において、前記光学系支持手段が、X線観察時における前記X線用光学系の位置を記憶する機構と、前記試料とX線用光学系との距離を変化させる機構とを有することを特徴とする。

【0009】また、X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、これらを収納する真空容器とを備えたX線観察装置において、前記光学系支持手段が、前記X線用光学系を観察位置に設定するための位置調整手段と、前記設定した位置とそこから外れた位置とを切り替える手段とを有することを特徴とする。

【0010】また、X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、これらを収納する真空容器と、可視光観察系または紫外光観察系とを備えたX線観察装置において、前記試料支持手段が、試料を移動する機構を有し、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とで前記試料支持手段を共有することを特徴とする。

【0011】また、X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、可視光観察系または紫外光観察系とを備えたX線観察装置において、前記光学系支持手段が、X線観察時における前記X線用光学系の位置を記憶する機構と、前記試料とX線用光学系との距離を変化させる機構とを有し、前記試料支持手段が、試料を移動する機構を有し、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とで前記試料支持手段を共有することを特徴とする。

【0012】また、X線光源と、X線用光学系と、該X線用光学系を観察に適した位置に配置する機構を有する光学系支持手段と、観察対象となる試料と、該試料を支持する試料支持手段と、可視光観察系または紫外光観察系とを備えたX線観察装置において、前記光学系支持手段が、前記X線用光学系を観察位置に設定するための位置調整手段と、前記設定した位置とそこから外れた位置とを切り替える手段とを有し、前記試料支持手段が、試料を移動する機構を有し、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とで前記試料支持手段を共有することを特徴とする。

【0013】さらに、可視光観察系または紫外光観察系

の光軸とX線観察系の光軸との相対位置が固定されたことを特徴とする。さらに、試料を移動する機構が、可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系との切り替え機構を、試料の位置合わせ・フォーカシング機構とは別体有することを特徴とする。

【0014】さらに、前記試料支持手段によって可視光観察系または紫外光観察系とX線観察系とを切り替える際に、可視光観察時または紫外光観察時の前記試料の位置とX線観察時の試料の位置とが等しくなるように調整されたことを特徴とする。さらに、前記X線用光学系が真空窓を備えたことを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に、本発明のX線観察装置の実施の形態1乃至4について説明する。

【実施の形態1】本実施の形態は、結像型軟X線顕微鏡に適用したものであり、装置の全体を図1に、要部の詳細を図2にそれぞれ示す。

【0016】X線光源106と、コンデンサ光学系102と、試料をセットしたステージ103と、結像光学系101と、撮像素子105とが真空容器104内に設置されている。X線光源106からのX線はコンデンサ光学系102によって試料を照明し、試料を透過・散乱したX線は結像光学系101によって撮像装置105上に結像する。真空容器104は三つのシャッター107、108、109を備え、これらによって真空室110、111、112に分けることができ、図示しない真空排気装置によってそれぞれ独立に真空排気することができるようになっている。

【0017】結像光学系101は多層膜を積層した凹面鏡101aと凸面鏡101bとからなるシュヴァルツシルト光学系であり、マウント121に固定されている。マウント121はガイドレール122を介してステージ123によって支持されており、図示しない駆動機構によって光軸方向にスライドすることができる。ステージ123は真空容器104に固定されている。コンデンサ光学系102は、回転楕円面形状の全反射鏡102aであり、マウント125に固定されている。マウント125はガイドレール126を介してステージ127によって支持されており、図示しない駆動機構によって光軸方向にスライドすることができる。ステージ127は真空容器104に固定されている。したがって、結像光学系101と試料との距離、コンデンサ光学系102と試料との距離をそれぞれ変化させ、互いに十分に離すことができる。

【0018】まず、結像光学系101とコンデンサ光学系102のアライメントについて説明する。結像光学系101は、部材124をステージ123に接触させた状態にして、ステージ123が備える図示しない微動装置によってアライメントをおこなう。コンデンサ光学系102は、結像光学系101と同様に、部材128をス

テージ127に接触させた状態にして、ステージ127が備える図示しない微動装置によってアライメントをおこなう。このときシャッター108、109は開けている。

【0019】次に、X線観察時の操作について説明する。図1(a)、図2(a)はX線観察時の様子を示す。シャッター107を閉じ、シャッター108、109を開け、部材124、128をステージ123、127にそれぞれ接触させる。前記したアライメントによって、このとき結像光学系101とコンデンサ光学系102は観察に適した位置に配置された状態となるので、試料130をX線観察することができる。ステージ103は三軸の直線駆動機構を備え、試料130の位置合わせやフォーカシングをおこなえる。なお、真空容器104は真空排気している。

【0020】次に、試料交換時の操作について説明する。図1(b)、図2(b)は試料交換時の様子を示す。結像光学系101をステージ123の方向へスライドさせて真空室110内に引き込み、シャッター108を閉じ、コンデンサ光学系102をステージ127の方向へスライドさせて真空室111内に引き込み、シャッター108を閉じ、試料130を載せた試料ステージ103が入った真空室112を独立させる。真空室112を窒素等のガスでパージし、シャッター107を開けて大気開放する。その後、ステージ103の上部をスライドして真空容器104の外へ出し、試料130を交換する。この間、真空室110、111は真空のままである。交換した試料を載せたステージ103の上部をスライドして元に戻し、シャッター107を閉じ図示しない排気装置で真空室112を真空排気する。真空室110と真空室112との差圧、真空室111と真空室112との差圧が小さくなったらシャッター108、109を開け、結像光学系101とコンデンサ光学系102も元に戻す。すなわち、結像光学系101は部材124がステージ123に接触する状態にし、コンデンサ光学系102は部材128がステージ127に接触する状態にする。これでX線観察時の状態に再現性よく戻すことができる。すなわち、観察時に部材124とステージ123とを、部材128とステージ127とを接触させることでそれぞれの光学系の位置を記憶している。

【0021】このように本実施の形態は、結像光学系と試料との距離、コンデンサ光学系と試料との距離を十分に確保することができ、シャッターを設けることができる。そして、X線観察時は結像光学系とコンデンサ光学系とを速やかに観察に適した位置に配置することができる。本実施の形態では、結像光学系101はシュヴァルツシルト光学系であり、コンデンサ光学系102は回転楕円面形状の全反射鏡であるが、これらに限定されるものではない。また、本実施の形態は結像光学系とコンデンサ光学系の両方をスライドする構成であるが、X線観察時に光学系と試料とがシャッターを設けるに十分に離れ

ている場合は、その光学系に関しては前記構成をとるには及ばない。

【0022】また、光学系をスライドする構成に代えて、後述する図3に示すように光学系を回転させる構成としてもよい。図3(a)はX線観察時、図3(b)は試料交換時の状態を示す。試料交換時は、マウント133が備える回転軸132を中心として、結像光学系101とシャッタが機械的に干渉しない状態にする。観察時における光学系の位置を記憶する手段は、以下に示すとおりである。すなわち、X線観察時には、レーザ134から出たレーザ光138はハーフミラー137を透過して、マウント133上に取り付けられたミラー139で反射し、さらにハーフミラー137で反射してピンホール136を通過して検出器135に入射する。図3(c)に示すように、マウント133が観察時よりもわずかに傾いたらレーザ光138はピンホール136を通過することができず、検出器135まで達しない。したがって、検出器135からの信号を確認することで結像光学系101が観察時の位置にあるかどうかを判断することができる。

【実施の形態2】本実施の形態は、走査型軟X線顕微鏡に適用したものであり、光源を除く装置の全体を図4に示す。

【0023】X線光源として、放射光源を用いる。ベリリウムフィルタ202と、シュヴァルツシルト光学系201と、試料をセットしたステージ203と、X線検出器205とが真空容器204内に設置されている。真空容器204は図示しない放射光設備に接続されている。放射光源からの放射光206はベリリウムフィルタ202によって可視光から真空紫外光までが除かれシュヴァルツシルト光学系201に入射し、試料230上に微小スポットとして照射され、試料230を透過・散乱したX線はX線検出器205に入射し電気信号に変換される。ステージ203は、マウント203bと、試料台203aと、マウント203bと試料台203aとを接続するピラー203cとからなり、試料台203aが備えた図示しない駆動機構によって試料230を二次元走査し、二次元X線像を得る。マウント203bは真空容器204に固定されている。

【0024】真空容器204は三つのシャッタ207、208、209を備え、これらによって真空室210、211、212に分けることができ、図示しない真空排気装置によってそれぞれ独立に真空排気することができる。また、真空容器204には可視顕微鏡220が支柱221によって取り付けられており、X線顕微鏡の光軸と可視顕微鏡220の光軸との相対位置は固定されている。

【0025】まず、可視光観察時の操作について説明する。図4(b)は可視光観察時の状態を示す。ピラー203cを動かすと可視顕微鏡220の光軸上に試料台2

03aがくるようになっており、可視顕微鏡で観察しながら、マウント203bが備えた図示しない微動機構によって試料230を所望の位置にセットする。このとき、真空室210、211は真空排気している。

【0026】次に、X線観察時の操作について説明する。図4(a)はX線観察時の状態を示す。ピラー203cを元に戻し試料台203aを真空室212にセットし、シャッタ207を閉じ図示しない排気装置によって真空室212を真空排気する。真空室210と真空室212との差圧、真空室211と真空室212との差圧が小さくなったらシャッタ209、208を開ける。

【0027】このように本実施の形態は、X線観察と可視光観察とを、試料の位置合わせをし直すことなく速やかに切り替えることができる。また、可視光顕微鏡を大気中に設置したので、通常の可視光顕微鏡を用いることができる。すなわち、その可視顕微鏡を真空仕様とする必要がない。また、X線観察系と可視光観察系の光軸間の距離が一定であるので、ステージの移動量が常に等しく、切り替えが容易である。

【実施の形態3】本実施の形態は、結像型軟X線顕微鏡に適用したものであり、光源を除く装置の全体を図5に、要部の詳細を図6にそれぞれ示す。

【0028】X線光源として、放射光源を用いる。コンデンサ光学系302と、試料をセットしたステージ303と、結像光学系301と、撮像素子305とが真空容器304内に設置されている。真空容器304は図示しない放射光設備に接続されている。放射光源からの放射光306は図示しないグラスホッパ分光器によって分光され、ベリリウム窓を透過しゾーンプレート型コンデンサ光学系302によって試料を照明し、試料を透過・散乱したX線はゾーンプレート型結像光学系301によって撮像装置305上に結像する。真空容器304はシャッタ307を備え、これを介して試料を交換する。

【0029】結像光学系301はゾーンプレートであり、マウント321に固定されている。マウント321はガイドレール322を介してステージ323によって支持されており、図示しない駆動機構によって光軸方向にスライドすることができる。ステージ323は真空容器304に固定されている。コンデンサ光学系302はゾーンプレートであり、マウント325に固定されている。マウント325はガイドレール326を介してステージ327によって支持されており、図示しない駆動機構によって光軸方向にスライドすることができる。ステージ327は真空容器304に固定されている。したがって、結像光学系と試料との距離、コンデンサ光学系と試料との距離をそれぞれ変化させ、互いに十分に離すことができる。ゾーンプレートは前記した素子と同様なものを用いる。また、先端が円錐形であるピン329によって、結像光学系301とコンデンサ光学系302とが衝突するのを防ぐ。



【0030】試料ホルダ330は0.1 $\mu$ m厚の窒化シリコン膜330bに挟まれた試料室330aを備え、この中に水分を含んだ生物試料を封入する。まず、結像光学系301とコンデンサ光学系302のアライメントについて説明する。結像光学系301は、部材324をステージ323に接触させた状態にして、ステージ323が備える図示しない微動装置によってアライメントをおこなう。コンデンサ光学系302は、結像光学系301と同様に、部材328をステージ327に接触させた状態にして、ステージ327が備える図示しない微動装置によってアライメントをおこなう。

【0031】次に、X線観察時の操作について説明する。図5(a)、図6(a)はX線観察時の状態を示す。部材324、328をステージ323、327にそれぞれ接触させる。前記したアライメントによって、このとき結像光学系301とコンデンサ光学系302は観察に適した位置に配置された状態となるので、試料をX線観察することができる。ステージ303は真空容器304に固定されており、三軸の直線駆動機構を備え、試料の位置合わせやフォーカシングをおこなえる。なお、真空容器304は真空排気している。

【0032】次に、試料交換時の操作について説明する。図5(b)、図6(b)は試料交換時の状態を示す。真空容器304を室素等でパージし、シャッタ307を開けて大気開放する。結像光学系301と試料との距離、コンデンサ光学系302と試料間との距離が狭いため、結像光学系301をステージ323の方向へスライドさせ、コンデンサ光学系302をステージ327の方向へスライドさせて試料ホルダ330を取り出せるように結像光学系301とコンデンサ光学系302との間隔を拡げる。その後、試料ホルダ330を真空容器304の外へ出し、試料を交換する。交換した試料を載せた試料ホルダ330を元に戻し、シャッタ307を閉じ図示しない排気装置によって真空容器304を真空排気する。次いで、結像光学系301とコンデンサ光学系302も元に戻す。すなわち、結像光学系301は部材324がステージ323に接触する状態にし、コンデンサ光学系302は部材328がステージ327に接触する状態にする。これでX線観察時の状態に再現性よく戻すことができる。

【0033】このように本実施の形態は、結像光学系と試料との距離、コンデンサ光学系と試料との距離を十分に確保することができ、容易に試料の交換をすることができる。そして、X線観察時は結像光学系とコンデンサ光学系とを速やかに観察に適した位置に配置することができる。

【実施の形態4】本実施の形態は、結像型軟X線顕微鏡に適用したものであり、装置の全体を図7に、要部の詳細を図8にそれぞれ示す。

【0034】X線光源406が真空容器410内に設置

され、撮像素子405が真空容器411内に設置されている。結像光学系401はリング452を介してマウント421に固定されており、マウント421はベロー451を介して真空容器411に接続されている。結像光学系401の試料側は真空窓であるベリリウム窓453となっている。すなわち、真空容器411と、ベリリウム窓453と、結像光学系401と、リング452と、マウント421と、ベロー451とで気密構造となっている。コンデンサ光学系402はリング462を介してマウント425に固定されており、マウント425はベロー461を介して真空容器410に接続されている。コンデンサ光学系402の試料側は真空窓であるベリリウム窓463となっている。すなわち、真空容器410と、ベリリウム窓463と、コンデンサ光学系402と、リング462と、マウント425と、ベロー461とで気密構造となっている。X線光源406からのX線はコンデンサ光学系402によって集光されベリリウム窓463を透過して試料を照明し、試料を透過・散乱したX線はベリリウム窓453を透過して結像光学系401によって撮像装置405上に結像する。真空容器410、411は図示しない真空排気装置によってそれぞれ独立に真空排気することができる。

【0035】前記結像光学系401は多層膜を積層した凹面鏡401aと凸面鏡401bとからなるシュヴァルツシルト光学系であり、マウント421に固定されている。マウント421はガイドレール422を介してステージ423によって支持されており、図示しない駆動機構によって光軸方向にスライドすることができるようにになっている。ステージ423は真空容器411に固定されている。コンデンサ光学系402は、回転楕円面形状の全反射鏡402aであり、マウント425に固定されている。マウント425はガイドレール426を介してステージ427によって支持されており、図示しない駆動機構によって光軸方向にスライドすることができる。ステージ427は真空容器410に固定されている。したがって、結像光学系401と試料との距離、コンデンサ光学系402と試料との距離をそれぞれ変化させ、互いに十分に離すことができる。

【0036】まず、結像光学系401とコンデンサ光学系402のアライメントについて説明する。結像光学系401は、部材424をステージ423に接触させた状態にして、ステージ423が備える図示しない微動装置によってアライメントをおこなう。コンデンサ光学系402は、結像光学系401と同様に、部材428をステージ427に接触させた状態にして、ステージ427が備える図示しない微動装置によってアライメントをおこなう。

【0037】次に、X線観察時の操作について説明する。図7(a)、図8(a)はX線観察時の状態を示す。部材424、428をステージ423、427にそ



れぞれ接触させる。前記したアライメントによって、このとき結像光学系401とコンデンサ光学系402は観察に適した位置に配置された状態となるので、試料430をX線観察することができる。ステージ403はマウント403bと、それに支持されたステージ403aとからなり、ステージ403aに試料430をセットする。すなわち、試料430をセットしたステージ403aは大気中にある。ステージ403aは三軸の直線駆動機構を備え、試料430の位置合わせやフォーカシングをおこなえるようになっている。なお、真空容器410、411は真空排気している。

【0038】次に、可視光観察時または紫外光観察時の操作について説明する。図7(b)、図8(b)は可視光観察時または紫外光観察時の状態を示す。大気中に顕微鏡470を備え、可視光観察または紫外光観察をおこなう。結像光学系401と試料との距離、コンデンサ光学系402と試料との距離が狭いため、結像光学系401をステージ423の方向へスライドさせ、コンデンサ光学系402をステージ427の方向へスライドさせて、ステージ403aを顕微鏡470の光軸上に移動できるように結像光学系401とコンデンサ光学系402との間隔を拡げる。その後、図示しない移動機構によってステージ403aを顕微鏡470の光軸上に移動する。再度のX線観察時は、ステージ403aを元に戻し、次いで結像光学系401とコンデンサ光学系402も元に戻す。すなわち、結像光学系401は部材424がステージ423に接触する状態にし、コンデンサ光学系402は部材428がステージ427に接触する状態にする。これでX線観察時の状態に再現性よく戻すことができる。

【0039】このように、可視光観察時または紫外光観察時等に、結像光学系と試料との距離、コンデンサ光学系と試料との距離を十分に確保することができ、容易に試料の交換・移動をすることができる。また、その際にベリリウム窓を破損する危険が小さい。そして、X線観察時は結像光学系とコンデンサ光学系とを速やかに観察に適した位置に配置することができる。また、可視光顕微鏡または紫外光顕微鏡を大気中に設置したので、通常の可視光顕微鏡または紫外光顕微鏡を用いることができる。また、X線光学系が真空窓を備えているので、試料の交換に際して大気開放をおこなう必要がなく、また、作動距離を長くすることができる。

#### 【0040】

【発明の効果】本発明によれば、結像光学系と試料との距離、コンデンサ光学系と試料との距離を十分に確保することができ、シャッタを設けることができる。また、容易に試料の交換・移動をすることができる。また、X線観察時は結像光学系とコンデンサ光学系とを速やかに観察に適した位置に配置することができる。

【0041】さらに、X線観察と可視光観察または紫外

光観察とを、試料の位置合わせをし直すことなく速やかに切り替えることができる。可視光顕微鏡または紫外光顕微鏡を大気中に設置したので、通常の可視光顕微鏡または紫外光顕微鏡を用いることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1によるX線観察装置の全体図である。

【図2】本発明の実施の形態1によるX線観察装置の要部の詳細図である。

10 【図3】本発明の実施の形態1によるX線観察装置の変形例の要部の詳細図である。

【図4】本発明の実施の形態2によるX線観察装置の全体図である。

【図5】本発明の実施の形態3によるX線観察装置の全体図である。

【図6】本発明の実施の形態3によるX線観察装置の要部の詳細図である。

【図7】本発明の実施の形態4によるX線観察装置の全体図である。

20 【図8】本発明の実施の形態4によるX線観察装置の要部の詳細図である。

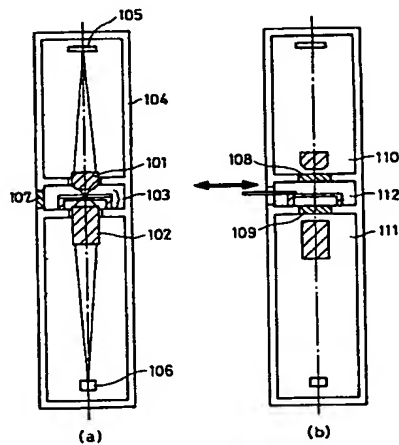
【図9】X線観察装置の従来例の全体図である。

#### 【符号の説明】

- 101, 201, 301, 401 結像光学系
- 101a, 401a 凹面鏡
- 101b, 401b 凸面鏡
- 102, 302, 402 コンデンサ光学系
- 102a, 402a 全反射鏡
- 103, 123, 127, 203, 303, 323, 327, 403, 403a, 423, 427 ステージ
- 104, 204, 304, 410, 411 真空容器
- 105, 305, 405 撮像素子
- 106, 406 X線光源
- 107, 108, 109, 207, 208, 209, 307 シャッタ
- 110, 111, 112, 210, 211, 212 真空室
- 121, 125, 133, 203a, 321, 325, 403b, 421, 425 マウント
- 122, 126, 322, 326, 422, 426 ガイドレール
- 124, 128, 324, 328, 424, 428 部材
- 130, 230, 430 試料
- 132 回転軸
- 134 レーザ
- 135 検出器
- 136 ピンホール
- 137 ハーフミラー
- 50 138 レーザ光

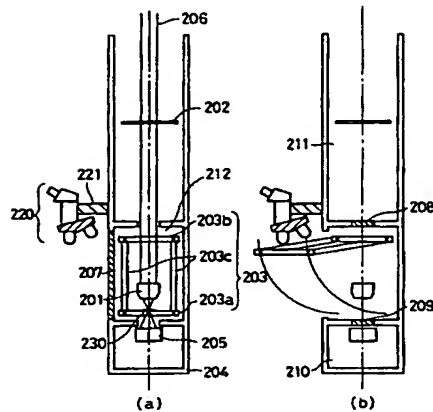
- 139 ミラー
- 203b 試料台
- 203c ピラー
- 205 X線検出器
- 206, 306 放射光
- 220 可視顕微鏡
- 221 支柱329 ピン
- 330 試料ホルダ
- 330a 試料室
- 330b 窒化シリコン膜
- 451, 461 ベロー
- 452, 462 Oリング
- 453, 463 ベリリウム窓

【図1】

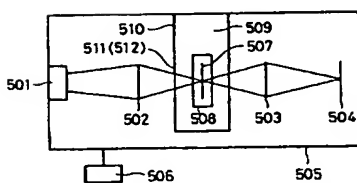


- 470 顕微鏡
- 501 X線発生器
- 502 コンデンサ光学系
- 503 結像光学系
- 504 撮像装置
- 505 鏡筒用真空容器
- 506 排気系
- 507 試料カプセル
- 508 試料ホルダ
- 10 509 収納室
- 510 ハウジング
- 511 X線透過窓
- 512 シャッタ

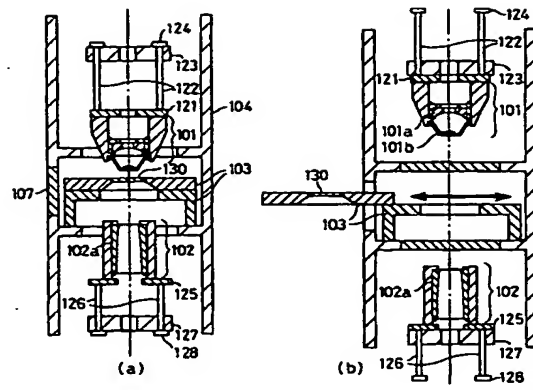
【図4】



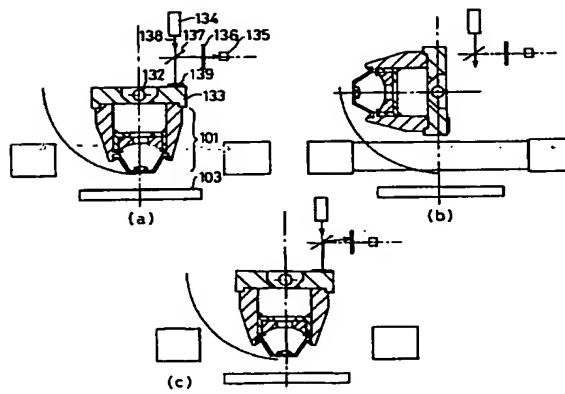
【図9】



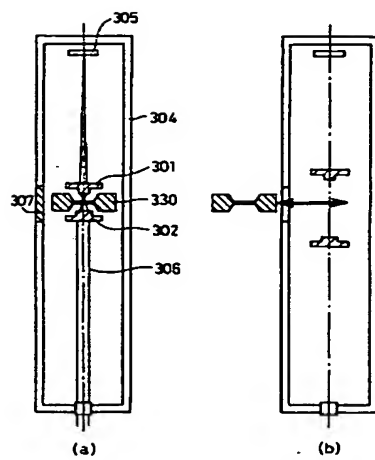
【図2】



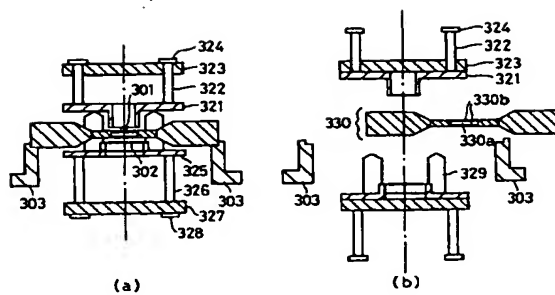
【図3】



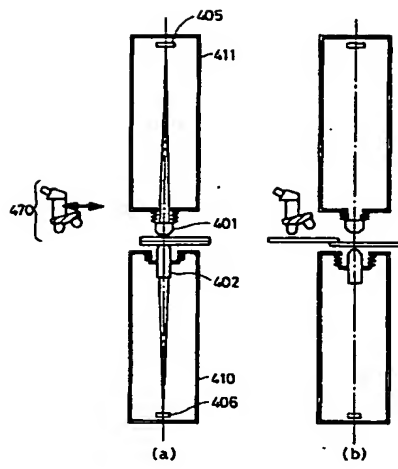
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

